

# CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL Y POTENCIALIDADES CONSTRUCTIVAS DE ESTRUCTURAS GAVIONADAS DE BLOQUES Y GRAVAS EN EL SECTOR ORIENTAL DEL SISTEMA DE FAMATINA

**Giaconi, Luis Mario<sup>1</sup>; Corbat, M. Cecilia<sup>2</sup>; Fucks, Enrique E.<sup>2</sup>; Giaconi, Mario Nicolás<sup>3</sup>; Juárez, Oscar<sup>2</sup>; Coelho Dos Santos, Gabriela<sup>4</sup>; y Loffler, Julia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Cátedra de Geología Aplicada, CEIDE, UNLP.

<sup>2</sup> IAMRA, UNDeC - CEIDE, UNLP.

<sup>3</sup> Cátedra de Geotécnica, Facultad de Ingeniería, UNLP.

<sup>4</sup> LEMIT - CIC. [imgiaconi@gmail.com](mailto:imgiaconi@gmail.com); [mccorbat@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:mccorbat@fcnym.unlp.edu.ar); [efucks@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:efucks@fcnym.unlp.edu.ar); [mngiaconi@gmail.com](mailto:mngiaconi@gmail.com)

*Palabras claves: geología, geomorfología, ambiente, protección, gaviones.*

## Resumen

Se expone la caracterización ambiental del sector oriental del Sistema de Famatina avanzando en las potencialidades constructivas con bloques y gravas de los aluviones del río Sarmientos, devenientes precisamente de las áreas altas del sistema, en cuanto a su utilización en el control de las crecidas hídricas anuales a los fines de mitigar el desplazamiento lateral del flujo superficial, en la actualidad manifestado por la existencia de un muro de hormigón simple construido en la década del '60. Dicho muro es de características rígidas y se encuentra apoyado sobre la superficie del material aluvional. El caudal y flujo turbulento de las crecidas provoca la erosión de su base, socavándola sin solución de continuidad a lo largo del tiempo generando la destrucción de dicho muro por falta de sustentación, quebrándolo primariamente hasta finalmente provocar su vuelco.

Al influjo de la existencia de bloques y gravas del mismo aluvión y la utilización de mano de obra local no especializada, se propone la construcción de pequeñas estructuras gavionadas semipermeables flexibles, dispuestas de forma paralela a la actual traza del muro principal, a los fines de mitigar la turbulencia de las crecidas y la socavación de su base preservando de esta manera su integridad.

## 1. Introducción

El Sistema de Famatina se encuentra ubicado en el centro de la provincia de La Rioja, entre los 28°30' y los 30°00' de latitud Sur y los 67°00' y 68°00' de longitud Oeste aproximadamente, limitando hacia el este el valle de Antinaco-Los Colorados y al oeste el valle de Vinchina (Fig. 1). En el contacto entre el sistema montañoso y el valle de Antinaco-Los Colorados se destacan de norte a sur las localidades de Pituil, Chañarmuyo, Angulos, Famatina, Chilecito, Nonogasta, Sañogasta y Vichigasta (Fig. 1A).

El sistema estructural del Sistema de Famatina corresponde a bloques de basamento ígneo-metamórfico precámbrico-eopaleozoico, ascendidos en el Cenozoico Superior y basculados por fallas lístricas inversas de rumbo meridiano [1]. Las rocas con mayor representatividad en el área de estudio corresponden a las metamorfitas de bajo grado de la Fm. Negro Peinado y los granitos de la Fm. Ñuñorco correspondientes al Precámbrico y Paleozoico [2]. A partir de éstas y otras rocas de menor representatividad, tanto por acción fluvial como por gravedad, se desarrollan los rasgos y depósitos cuaternarios que cubren los fondos y las pendientes de los valles intermontanos, y la depresión tectónica central, o valle de Antinaco-Los Colorados, alcanzando en esta última los mayores espesores.

La red de drenaje principal está representada por los aportes hídricos y sedimentarios de ambos márgenes montañosos, que varían de acuerdo al tamaño de las cuencas, la intensidad de las precipitaciones y deshielos y las obras ingenieriles realizadas sobre los cursos, los que en algunos casos son extremadamente amplios.

El objetivo del presente trabajo es exponer los diferentes ambientes geomorfológicos del área de estudio capaces de proveer materiales con potencialidad constructiva, fundamentalmente gravas, bloques y arenas, tanto para construcciones urbanas en general, como también para estructuras gavionadas de protección de caminos y drenajes.

## 2. Materiales y métodos

Se procedió a la recopilación y análisis de la bibliografía pertinente del área de estudio, así como a la observación y caracterización de unidades litológicas en el campo, dentro de un marco geomorfológico aplicado para este tipo de ambientes. Consecuentemente se realizó la inspección y análisis de las estructuras ingenieriles existentes en la zona de trabajo a los fines de mitigar las crecidas extraordinarias del río Sarmientos, tomado en este caso como ejemplo de la propuesta que acompaña el presente trabajo.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

De acuerdo al análisis efectuado, se han podido observar diferentes unidades geomorfológicas [3], las que asociadas a la temática de trabajo, interesa destacar: sistemas serranos y extensos depósitos pedemontanos, representados por abanicos aluviales individuales, bajadas y pedimentos (Fig. 1B).

**3.1.1. Los sistemas serranos** que componen el Sistema de Famatina están representados de Norte a Sur por las sierras de Famatina, Paimán, Vilgo, Sañogasta y Paganzo, y al Este, se destaca la sierra de Velasco, perteneciente al sistema de Sierras Pampeanas. Ambos sistemas drenan hacia el Valle de Antinaco-Los Colorados (Fig. 1).

La pendiente sobre el Sistema de Famatina, genera cuencas de drenaje de mayor superficie que en la sierra de Velasco y, consecuentemente, geoformas de acumulación de mayores dimensiones, destacándose las cuencas de los ríos Blanco, Amarillo, Sarmientos y Miranda.

La intensidad de las precipitaciones de verano, características de la región, junto a las fuertes pendientes, contribuyen al desplazamiento rápido de materiales desde las partes elevadas de las sierras hacia los valles. Comúnmente, los fondos de los valles se encuentran cubiertos por bloques de roca, mientras que sus laderas se encuentran tapizadas por detritos de menor tamaño, constituyendo taludes e, incluso, canchales. Los depósitos de clastos y bloques equidimensionales, angulosos a subangulosos, que forman planos que inclinan con alto ángulo (25°-45°), de acuerdo al ángulo de reposo de los materiales involucrados, son representaciones de estas morfologías en el distrito minero La Mejicana [4].

Los cursos de agua a medida que avanzan en su recorrido desarrollan amplias planicies de

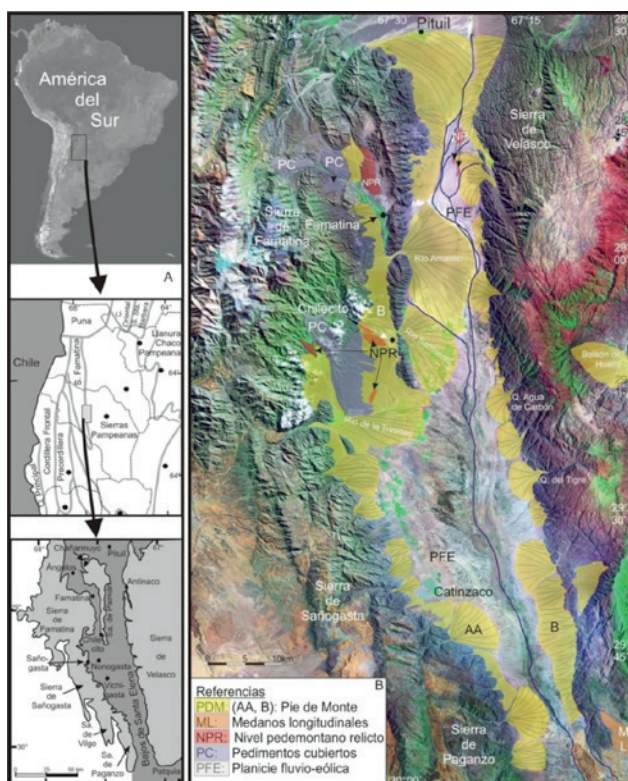


Figura 1. A) Ubicación del valle de Antinaco-Los Colorados. B) Distribución de las principales morfologías de la zona de estudio.

inundación con diseños entrelazados. Se encuentran compuestas por bloques y gravas cuya litología depende del área de proveniencia, representando los granitoides más del 90% de ellos en casi todos los casos. Estas características pueden observarse en prácticamente todos los cursos de agua de montaña, aumentando o disminuyendo la cantidad de estos depósitos de acuerdo a las características de la planicie de inundación del curso (Fig. 2).

**3.1.2.** Los cursos de agua al salir de la zona montañosa, desarrollan extensos **abanicos aluviales** (AA) y **bajadas** (coalescencia de AA) principalmente, y algunos sectores de acumulación con cursos paralelos (B), de dimensiones que varían de acuerdo a la capacidad de transporte y depositación de la cuenca involucrada (Fig. 1B). Estos depósitos se caracterizan por estar constituidos por materiales gruesos (bloques de hasta 0,5 m, conglomerados y brechas clasto-soportados), principalmente en los sectores apicales y por materiales finos (arenas muy finas a limos) hacia los sectores distales de estas geoformas. Los cambios en las variables involucradas en la formación de estas morfologías (área de la cuenca hídrica, litología, cubierta vegetal, procesos geomorfológicos, pendiente del abanico y del curso principal en la cuenca, caudal y carga sedimentaria, clima, tectónica, geometría del frente montañoso, relación con morfologías adyacentes, entre otras), tienden al reajuste morfológico del abanico [5]. Cuando estos depósitos fluviales provenientes de los sistemas serranos se unen, o se intercalan con sectores de cursos paralelos al frente montañoso, forman las bajadas. Pueden destacarse las desarrolladas entre las localidades de Santa Florentina y Chilecito, al pie de la sierra de Famatina, y, frente a Catinzaco, al pie del Velasco.



Figura 2. Diferentes exposiciones de cursos de agua y depósitos fluviales

**3.1.3.** Por encima del nivel pedomontano actual, pueden observarse **remanentes de abanicos aluviales**, piedemontes o pedimentos cubiertos que, por causas tectónicas, han quedado afuncionales. Se encuentran cercanos a los frentes montañosos o parcialmente dentro de ellos, a diferentes alturas, y compuestos por importantes espesores de gravas. Estos clastos, con diferentes grados de redondeamiento, clasto o matriz sostén, y pobremente estratificados, presentan tamaños promedios de 40-50 cm de diámetro y un máximo de 1 m. Sus dimensiones se reducen hacia los sectores distales del frente montañoso aumentando, en el mismo sentido, las proporciones de materiales finos y de componentes meteorizados. Composicionalmente los bloques más representativos son ígneos o metamórficos, de acuerdo al aporte local, y se encuentran dentro de una matriz areno-gravillosa.

### 3.2. LITOLOGÍAS DOMINANTES EN EL ÁREA

En los sistemas serranos predominan las rocas ígneas graníticas (Complejos magmáticos Ñuñorco, Cerro Toro y Paimán) y las rocas metamórficas (Fm. Achavil y Negro Peinado), asignadas al Ordovícico y Cámbrico respectivamente [4]. A partir de éstas y otras rocas menos representadas, se generan las acumulaciones sedimentarias de granulometría variable, poco o nada consolidadas, que constituyen el relleno de las zonas pedemontanas, funcionales y afuncionales, y de los valles actuales, agrupadas en las Fms. Santa Florentina, Los Manzanos, Chucaras y Mazangán, para la zona de Chilecito [6], y en las Fms. Vichigasta y Catinzaco [7], en las sierras de Sañogasta y Vilgo.

Las rocas metamórficas de bajo grado de las Fms Achavil y Negro Peinado, constituidas principalmente por pizarras y filitas, de grano muy fino, se encuentran poco representadas. Incide en ello la estructura característica de estas rocas que produce una baja resistencia a la erosión lo cual favorece su desintegración mecánica en el transporte y genera poca concentración de sus fragmentos en los sectores pedemontanos. Por lo tanto, es baja su potencialidad para materia prima en la construcción.

Las rocas que se incluyen en el Complejo Magmaico Cerro Toro, comprenden desde gabros hornblendíferos, tonalitas-granodioritas con biotita y hornblenda, a granitos (monzogranitos), con un rango de SiO<sub>2</sub> entre 46,50 y 73,85% [4]. Los gabros presentan textura equigranular de grano fino (1 mm), predominando en su mineralogía: plagioclasa, hornblenda, biotita y cuarzo; las tonalitas y granodioritas tienen igual textura pero de grano medio (3.5 mm), y presentan además microclino; mientras que los monzogranitos se caracterizan por presentar textura equigranular de grano medio (3 mm) y plagioclasa, microclino, cuarzo, biotita y muscovita como principales componentes.

La composición de la Fm Ñuñorco se restringe al campo de los granitos (monzogranitos), con un rango de SiO<sub>2</sub> entre 69,74 y 76,26%; presenta textura equigranular de grano medio a grueso (4-6 mm) y principalmente está



compuesta por cuarzo (29-39%), plagioclasa (35-46%), feldespato alcalino (16-21%) y biotita (3-5%).

Los granitos de Paimán presentan alrededor del 71% de SiO<sub>2</sub>; son de grano grueso, poseen biotita como mafito dominante, además de plagioclasa, microclino, cuarzo, muscovita, y los megacristales de feldespato potásico tienen dimensiones promedio de 2 a 4 cm, alcanzando algunas veces 15-20 cm. Todos los granitoides están afectados en algunos sectores por fajas de cizalla que descomponen a la roca.

### 3.3. CONTROL DE EROSIÓN DE MUROS DE H°

La abundancia de los granitoides descriptos y su estabilidad mecánica, representada por los grandes bloques y clastos de tamaño variado de esta litología que se preservan en los piedemontes y valles serranos conformando potentes aluviones de los ríos de la región, ayudan a distinguir a estas formaciones como principales fuentes de áridos.

Consecuentemente al amparo de las pendientes descriptas se produce una dinámica hidráulica superficial que en sus máximas expresiones determinan flujos turbulentos de alta velocidad y caudal, generando crecidas de magnitud tal que producen daños recurrentes sobre los cultivos y las localidades del área.

Se han construido muros laterales rígidos de hormigón simple a lo largo de los cursos a los fines precisamente de mitigar los efectos dañinos de este tipo de crecidas sobre los bienes y la vida en el área. Los mismos poseen centenares de metros de longitud, alrededor de 1 m de ancho y una altura visible de 1,5 m, estimándose su altura inicial desde la base de fundación en 2 m, estando ésta implantada directamente en el material granular subsuperficialmente excavado de los aluviones de los ríos. La Figura 3 muestra precisamente uno de ellos construido sobre el río Sarmientos en la década del '60, al noroeste de la localidad de Malligasta, mientras que la Figura 4 ilustra en detalle el actual muro de H° simple destruido por la acción erosiva del río.



Figura 3 (izquierda). Muro en el río Sarmientos



Figura 4 (superior). Detalle del muro actual volcado y destruido por la actividad erosiva

#### 3.3.1. Determinación de la velocidad de diseño

Dado que las expresiones disponibles en la bibliografía para el cálculo de revestimientos dependen principalmente de la velocidad media del flujo y del tipo de revestimiento, y habiéndose definido el segundo, es necesario estimar la velocidad media del curso.

Para la definición de la topografía del lugar, se han utilizado los datos topográficos del SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que pueden ser verificados con relevamientos topográficos de mayor detalle. En la Figura 5, se visualiza la topografía del área de la zona en estudio con la ubicación del muro a proteger.

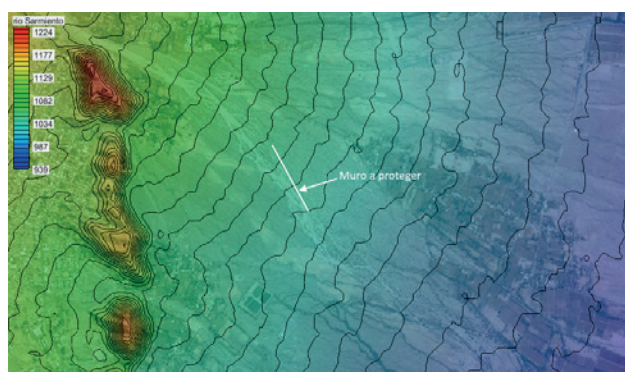


Figura 5. Visualización de la topografía del área de estudio y el muro a proteger

Se presenta a continuación (Fig. 6) el modelo elaborado por medio del software Hec-RAS (Hydrologic Engineering Center's (CEIWR-HEC) River Analysis System del USACE U.S. Army Corps of Engineers) para el cálculo de las velocidades en las secciones contiguas al muro.

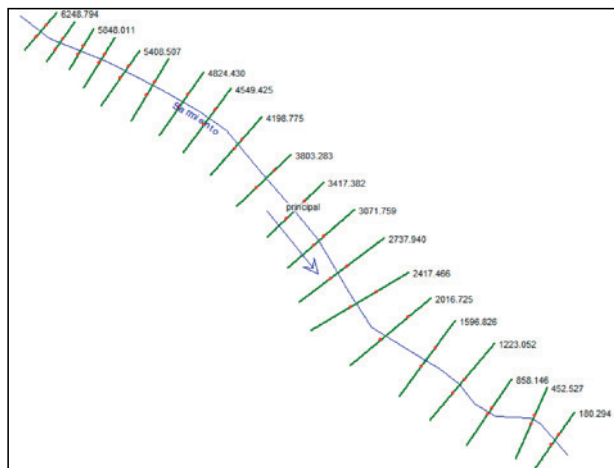


Figura 6. Modelo del cauce. Secciones transversales para el análisis de las velocidades de flujo contiguas al muro de H°

La Tabla 1 expone los cálculos de las velocidades para las secciones transversales asociadas al muro de la Figura 6, siendo el caudal de diseño correspondiente a una avenida de 5 años de recurrencia, determinándose el mismo mediante el Método Racional para la determinación de caudales máximos cuya ecuación responde a la expresión  $Q \text{ (m}^3\text{/s)} = C.I.A./360$ , siendo: C el coeficiente de escorrentía, I la intensidad de lluvias (mm/h) y A el área de la cuenca (hectáreas).

Zona	Progresiva	Pendiente	Tirante hidráulico	Rugosidad	Caudal	Velocidad
	m	i [%]	h [m]	n [s/m <sup>1/3</sup> ]	Q [m <sup>3</sup> /s]	U [m/s]
Muro	1290	3.0	0.70	0.045	60	1.85
Muro	1210	3.3	0.71	0.045	60	1.95
Muro	1140	4.2	0.44	0.045	60	2.26
Muro	1080	4.3	0.54	0.045	60	2.33
Muro	1020	2.5	0.72	0.045	60	1.88
Muro	960	1.6	0.55	0.045	60	1.83
Muro	910	2.5	0.63	0.045	60	2.13
Muro	860	3.0	0.47	0.045	60	1.92

Tabla 1

Se adopta como velocidad de diseño  $U = 3 \text{ m/s}$  a los efectos de magnificar la rugosidad erosiva del flujo.

### 3.3.2. Estructuras de protección del muro actual mediante celdas de gaviones

Las ventajas encontradas con este tipo de solución se resumen en:

- El entramado de los agregados que constituyen los gaviones proveen una disipación adicional de la energía del escurrimiento, llegando al borde del muro con una importante reducción de la velocidad y por ende asegurándose no contar con procesos erosivos importantes al pie del mismo.
- Protección adicional fácil de reparar, con material y mano de obra de lugar, ante una eventual rotura

siendo que en la actualidad, han comenzado a construirse gaviones para el control del curso principal.

#### 3.3.2.1. Determinación del tamaño de la protección

Se consideraron las propuestas donde se analizan las condiciones de estabilidad para gaviones sometidos a la acción del flujo [8]. De estas formulaciones surge el espesor de la celda gavionada a colocar, a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta D = 0.035 \frac{\Phi}{\Psi} \frac{K_T K_h}{K_s} \frac{u_{cr}^2}{2g}$$

Donde:

D = Espesor de la celda de gavión, en m

\* = (\*s / \*w) - 1 (densidad relativa agregado/agua)

Φ = Factor de estabilidad = 0.75 para gaviones

Ψ = Factor crítico de Shields = 0.07 para gaviones

K<sub>T</sub> = Factor de turbulencia = 2

K<sub>h</sub> = Factor de profundidad = 1 para flujos muy rugosos

$$K_s = \text{Factor de pendiente} = \cos \alpha \sqrt{1 - (\tan \alpha / \tan \theta)}$$

α = pendiente longitudinal de la corriente = se adopta 4% = 2.3°

θ = ángulo de fricción interna = 30° para gaviones

u = velocidad media del flujo, en m/s

$$D_{\min} = 0.30 \text{ m}$$

Se adopta entonces un espesor de 0,30 m para cada celda a construirse.

Siendo el espesor característico D de la celda gavionada igual a 0,30 m, las longitudes restantes se determinan considerando la estabilidad desde el punto de vista del deslizamiento y el levantamiento por subpresión adoptándose celdas de 3 m de largo y 1 m de ancho, dispuestos uno junto al otro en dirección a la menor longitud, coincidente con la alineación del muro (Fig. 7).

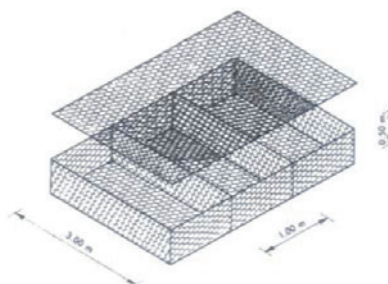


Figura 7.- Estructura de las celdas gavionadas

La dimensión en altura del conjunto de gaviones deberá superar el tirante del flujo encauzado estimado según el modelo hidráulico aplicado. Por tanto el mismo deberá superar el metro de altura siendo que ello se cubre con la instalación de 4 celdas.

El relleno de las celdas gavionadas deberá ser el equivalente a un suelo GW de la Clasificación SUCS (Unified Soil Classification System), siendo que el mismo responde a las características del aluvión presente en el río Sarmientos.

Esta protección de gaviones deberá construirse contiguo y paralelo, a aproximadamente 5 m, del muro de H° existente, entre éste y el curso actual del río.

### 3.3.2.2. Características geotécnicas de los áridos para su empleo en los gaviones.

La presencia de bloques provenientes de rocas cristalinas de composición básicamente granítica son adecuados para el llenado de las celdas de gaviones ya que cumplen con las especificaciones para la construcción de este tipo de estructuras de protección.

Respecto a las características geotécnicas de los áridos, es menester que las rocas que se colocarán en los gaviones sean resistentes, libre de grietas o fisuras, de textura uniforme, de baja absorción de agua, debiendo presentar los bloques una granulometría adecuada acorde a las condiciones de estabilidad del conjunto.

Respecto a las características particulares se debe tener en cuenta:

**Peso específico:** debe ser  $\geq 2,6 \text{ t/m}^3$ . Los ensayos se realizan según Norma IRAM 10602. Mecánica de Rocas. Método de determinación de densidad.

**Absorción:** debe ser  $< 1,5\%$ . Los ensayos se realizan según Norma IRAM 10603. Mecánica de Rocas. Método de determinación del índice de vacíos por la técnica de absorción rápida.

**Durabilidad:** la pérdida debe ser  $< 13\%$ . Norma IRAM 10606. Mecánica de Rocas. Método de determinación de la durabilidad por humedecimiento y secado.

**Resistencia a la compresión simple:** debe ser  $> 50 \text{ MPa}$ . Según la Norma IRAM 10536. Mecánica de Rocas. Método de ensayos de compresión.

#### 3.3.2.2.1.-Análisis y producción de áridos para el llenado de los gaviones

Respecto a los áridos, a estos fines aplicados es necesario conocer:

- 1) Aptitud geotécnica
- 2) Distancia a la obra a construir
- 3) Volumen necesario.

La presencia del aluvión del río y de sus bloques constituyentes en las inmediaciones de la obra (Fig. 2 y 4), coadyuva a que los volúmenes requeridos, las relativas cortas distancias desde el sitio de extracción y el devenir relativo bajo costo de

transporte, favorezcan la ecuación económica de costo de las obras.

Respecto a la aptitud geotécnica, los estudios característicos son:

- Tipo de roca
- Estado de la fisuración
- Parámetros geotécnicos: peso específico, resistencia, durabilidad, absorción de agua, etc.

Los áridos a obtenerse del sitio poseen cualidades de resistencia al pulimento que los hace idóneos para garantizar la textura superficial necesaria durante un largo periodo de tiempo, siendo especialmente adecuados para su empleo como árido grueso.

Para caracterizar estas fracciones es necesario en general conocer sus propiedades particulares como la forma de sus partículas, su resistencia, absorción, etc., siendo, para este caso, la granulometría una de las características físicas fundamentales del árido pues influye significativamente en su resistencia mecánica.

En las inmediaciones al sitio de la obra existen explotaciones que han sido utilizadas en obras y construcciones previas tanto como que forman parte del muro de H° que se intenta proteger de la erosión fluvial. Siendo que la granulometría de los bloques se corresponde con el necesario máximo  $0,5 \text{ m}^3$  (tamaños pedraplén-escollera) para el llenado de los gaviones, sólo es necesario acondicionar la operación de extracción en cantera a estos fines, siendo que el producto granulométrico resultante de la selección mediante zarandas simples que se realice y la conformación de pilas según distintas granulometrías gradadas en rangos de tamaños menores al  $0,5 \text{ m}^3$ , posee condiciones acordes a las necesidades expuestas.

El tipo de extracción propuesto respeta la existencia de bloques de angulosidad y rugosidad requeridas y formas tipo prismático y/o equidimensional que se adaptan perfectamente a lo requerido para el llenado de gaviones. La angulosidad de las partículas del árido grueso es tenida en cuenta para su caracterización ya que, junto a las características rugosas superficiales, influye en la resistencia del esqueleto mineral, por su contribución al rozamiento interno.

Otra de las características del árido grueso de bloques es el peso específico, debido a que la estabilidad de las estructuras se encuentra dada fundamentalmente no sólo por su angulosidad y rugosidad sino también por su propio peso sobre la fundación. Ello es lo que soporta el empuje hidráulico mientras se produce el proceso de "desembalse" a través del paso del agua por los áridos de la estructura gavionada. En este caso, el peso específico de las rocas ígneo-metamórficas presentes, alrededor de  $2600 \text{ kg/m}^3$ , resulta adecuado a este propósito.

La resistencia mecánica del esqueleto mineral es un factor también predominante en la evolución del comportamiento después de su puesta en servicio. Los valores de resistencia intrínseca de la matriz

de las rocas sanas con grado de alteración A1 [9], de composición básicamente granítica, arrojan valores que varían entre 50 y 120 MPa, denotando la existencia de áridos resistentes, sin inconvenientes para su uso con el propósito expuesto.

Finalmente, respecto a la absorción de agua y durabilidad por humedecimiento y secado, las rocas de origen ígneo-metamórfico, inalteradas o con bajo grado de alteración (grados de alteración 1 y 2 respectivamente [9]) tratadas cumplen sin objeciones lo estipulado en las normas IRAM 10603 y 10606 respectivamente. El congelamiento, dado por el clima imperante a la latitud y cota del área bajo análisis, es prácticamente no significativo a los fines de la desintegración físico-mecánica de los áridos a través del tiempo.

## 4. Conclusiones

En el presente trabajo se propone la construcción de estructuras gavionadas como protección a las consecuencias de la actividad erosiva del curso del río Sarmientos en general y al muro existente de hormigón sito en el sector de estudio (Fig. 5) en particular.

Así se determina la factible implantación de un sistema de protección integrado por contenidas estructuras de gaviones semipermeables paralelos al actual muro de H° existente a los fines de evitar la erosión de su base y posterior inestabilidad y rotura, dadas las características determinadas de la geología y la geotecnia del subsuelo de fundación a los fines de su estabilidad y seguridad siendo que dicha protección deberá construirse contigua y paralela, a aproximadamente 5 m del muro de H° existente, entre éste y el curso actual del río.

La presencia en el área de grandes acumulaciones de gravas y bloques en los sectores pedemontanos coadyuvan a esta iniciativa ya que los mismos representan potenciales fuentes de materiales constructivos. Así las rocas ígneo-metamórficas de los aluviones del área constituyen el presupuesto básico para la obtención de áridos gruesos de inmejorable condición geotécnica, dado sus pesos específicos, resistencia a la compresión, baja absorción de agua, alta durabilidad y rugosidad, y posibilitándose mediante su explotación en cantera, la obtención de granulometrías acorde a las necesidades de uso para el llenado a mano, e incluso mecánica, de los gaviones constituyentes de los cuerpos de las estructuras semipermeables de protección propuestas.

Finalmente, los beneficios tangibles de la implantación de las estructuras semipermeables de gaviones como elementos primarios complementarios del sistema de regulación de crecidas principal (muro de H° existente), se pueden enumerar:

- a) Contenidos estudios básicos debido al bajo compromiso de la fundación de las mismas.
- b) Excelente seguridad (pequeños volúmenes temporalmente embalsados en zonas no pobladas).
- c) Rápida y fácil reparación en caso de rotura.
- d) Posibilidad de pequeños emplazamientos “en cascada”,

paralelos y complementarios a la estructura principal.

e) La actividad de varios “cuencos disipadores” que producirían como resultado una menor velocidad del flujo con la consecuente menor magnitud erosiva fluvial.

g) Una sensible disminución de los procesos de erosión lateral.

h) Ocupación de pequeñas áreas (implica un impacto social más equilibrado).

k) Existencia cercana a las obras de volúmenes y calidades geotécnicas de áridos acordes a los requerimientos del tipo de obra propuesto.

Todo lo cual se resume en: 1) atenuado impacto ambiental; 2) relativo costo constructivo; e, 3) implicancia social: en su construcción y mantenimiento se requiere sólo de mano de obra local, no especializada, contándose con la ventaja adicional de la disponibilidad de potenciales canteras de áridos de rocas cristalinas en las inmediaciones. En definitiva: un bajo costo económico y ambiental.

## Referencias

- [1] F. González Bonorino. Algunos problemas geológicos de las Sierras pampeanas. Asociación Geológica Argentina, 5 (3): 81-170, 1950.
- [2] J.C.M. Turner. Descripción geológica de la Hoja 15d, Famatina (Provincia de La Rioja). Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 126, 1971.
- [3] E. Fucks, J. Schnack, A. Scalise, G. Gallardo, J. Cajal. Aspectos Geomorfológicos del Valle de Antinaco-Los Colorados, Sierras Pampeanas y Sierra de Famatina, Provincia de La Rioja. Geología del Cuaternario, Geomorfología y Cambio Climático. XIX Congreso Geológico Argentino, Córdoba, 2014.
- [4] J. C. Candiani, R. Astini, F. Dávila, G. Collo, M. Ezpeleta, P. Alasino, J. Dahlquist. Hojas Geológicas 2969-18 y 2969-24. Famatina y Sañogasta. Provincia de La Rioja. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, Boletín 379, 163 pp, 2011. Segemar.
- [5] W.B. Bull. The alluvial fan environment. Progress in Physical Geography, 1977.
- [6] E. de Alba. Descripción geológica de la Hoja 16d, Chilecito, provincia de La Rioja. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 163, 1979.
- [7] F. Fidalgo. Algunos rasgos tectónicos y geomorfológicos de la sierra de Sañogasta-Vilgo (Provincia de La Rioja). Asociación Geológica Argentina, XVIII (3-4): 139-153, 1963.
- [8] M.K. Breteler, K.W. Pilarczyk. Alternative revetments, 1998, Dikes and Reventments. Editorial A.A. Balkema. 1998.
- [9] W.R. Dearman, E. Sergeev, V. Shibakova. Engineering Geology of the Earth. 1° Edition. Moscú, 1989.